

研究種目：基盤研究 (B)
研究期間：2007-2008
課題番号：19360005
研究課題名 (和文) ErSiO 超格子結晶の特性評価とシリコンフォトニクス用発光素子開発
研究課題名 (英文) Characterization of ErSiO super lattice crystals and development of light emitting devices for silicon photonics
研究代表者
木村 忠正 (KIMURA TADAMASA)
電気通信大学・電気通信学部・教授
研究者番号 50017365

研究成果の概要：

高濃度 Er を構成元素とする Er_2SiO_5 結晶の作製プロセスを開発した。 Er_2SiO_5 光導波路を設計作製し、1480nm 光の導波特性を評価し、高濃度 Er によるグリーンのアップコンバージョン発光を観測した。 $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 膜を作製し、 $x \sim 0.1$ で $1.54 \mu\text{m}$ 発光強度が Er_2SiO_5 の数倍から数十倍になることを見出した。シミュレーションによると $\sim 1\text{mm}$ 長の $\text{Er}_{0.1}\text{Y}_{1.9}\text{SiO}_5$ 光導波路で 10dB の利得が可能である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2008 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
年度			
総計	7,100,000	2,130,000	9,230,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎・応用物性・結晶工学

キーワード：(1)エルビウムシリケート (2)自己整列結晶 (3)ゾルゲル法 (4)レーザーアブレーション (5)アップコンバージョン (6)シリコンフォトニクス (7)1.5 μm 発光素子 (8)導波路型光増幅器

1. 研究開始当初の背景

(1) シリコンフォトニクスにおいて、シリコン系材料による $1.5 \mu\text{m}$ 帯の光源および光増幅器の開発が遅れており、Er ドープシリコン系材料、シリコンナノ結晶などの研究が精力的に行われてきた。しかし、結晶学的に導入可能な最大 Er 濃度が $10^{19}/\text{cm}^3 \sim 10^{20}/\text{cm}^3$ と限られ、Er の偏析、結晶欠陥の増大などの問題があった。一方、発光、光増幅には $10^{21}/\text{cm}^3$ 程度かそれ以上の Er 濃度が必要であるとの

理論的な予測もあり、高濃度 Er を含む材料の開発が期待されていた。

(2) 我々は、オランダ AMOLF 研究所の Albert Polman 教授との共同研究により 2004 年に Er_2SiO_5 結晶を見出した。この結晶は 0.86nm 周期の自己整列超格子構造をし、25at%Er ($2 \times 10^{22}/\text{cm}^3$) を結晶の構成元素として含む。高濃度 Er にもかかわらず、Er ドープ Si 系材料と比較して濃度消光が小さく、また、超格子状構造を反映して室温で発光スペクトルおよび励起スペクトルに Er イオン 4f

準位の微細構造が観測される。また、非常に短い蛍光寿命 ($100\ \mu\text{s}$ 以下) を示し、その物理的メカニズムにも興味を持たれた。このように、従来の Er ドープ Si 系材料の問題点を Er_2SiO_5 結晶は解決する見込みがあり、この材料を用いた $1.54\ \mu\text{m}$ 発光素子および光増幅器の実現が強く期待されていた。

(3) Er_2SiO_5 結晶薄膜を用いた $1.5\ \mu\text{m}$ 光エミッタ、導波路型光増幅器を作製するために、結晶作成プロセスの確立、結晶性と光学特性との関連、デバイス構造の検討などの課題があった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、シリコンフォトニクス光源材料として有望な ErSiO 超格子結晶を用い、電流注入で発振する $1.54\ \mu\text{m}$ レーザダイオード(LD)実現に向けて、 ErSiO 超格子結晶膜の作製、発光特性、デバイス構造設計、そのフォトルミネセンス(PL)およびエレクトロルミネセンス(EL)特性を明らかにする。それらの成果をもとに、pn 接合構造による発光ダイオード(LED)、光導波路構造による光増幅特性、最終的に電流注入励起による誘導放出、LD の作製に挑戦する。

3. 研究の方法

(1) 従来、 Er_2SiO_5 超格子結晶の作製にはゾルゲル法でゲル化した膜を高温アニールする過程での自己整列現象を利用していたが、これに加えて、MOMBE 法、レーザアブレーション法で超格子前駆体を形成することでより低温での結晶化、高配向化を目指した。

(2) 絶縁体である Er_2SiO_5 を電氣的に励起する方法として、Si ナノクラスターと Er_2SiO_5 とが混在した膜を作製する技術を開発する。

(3) 高濃度 Er (25at%) を含む Er_2SiO_5 結晶におけるアップコンバージョン、エネルギーマイグレーションを定量的に評価する。

(4) $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ を作製し、発光、増幅に最適な Er 濃度を見出す。

4. 研究成果

(1) Er_2SiO_5 の作製技術の開発 :

結晶学的・光学的評価 XRD、SIMS 測定により、 ErSiO 超格子結晶の組成が Er_2SiO_5 であることを明らかにした。この結果を基に、光導波路、発光デバイス化に必要な品質と厚さを持つ Er_2SiO_5 超格子結晶層の成長を研究、ゾルゲル法、レーザアブレーション法、MOMBE 法の

成長技術をほぼ確立した。

(2) Er_2SiO_5 の $1.54\ \mu\text{m}$ 発光のダイナミクス特性 :

数十 μs の短い $1.54\ \mu\text{m}$ 発光の蛍光寿命(図1)の起源を調べた。アニール温度、雰囲気、組成依存性、結晶性との関係を詳細に調べ、整列した一様で強い結晶場が、速い発光再結合速度のひとつの原因であることを示唆する結果を得た。

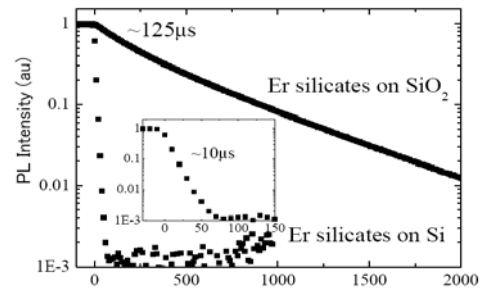


図1 Er_2SiO_5 の蛍光寿命 (室温)。Si 基板上に作製した Er_2SiO_5 は $10\sim 20\ \mu\text{s}$ 、 SiO_2 上に作製したものは $\sim 100\ \mu\text{s}$ の蛍光寿命を示す。

(3) キャリヤを介した Er_2SiO_5 の励起 :

Si 過剰な前駆体を用いたゾルゲル法により、キャリヤを介して Er を励起可能な Er_2SiO_5 超格子結晶層の作製プロセスを確立した(図2)。この試料と Si とのヘテロ接合を作製し、整流特性を得た。EL 発光を観測するシステムを整備した。

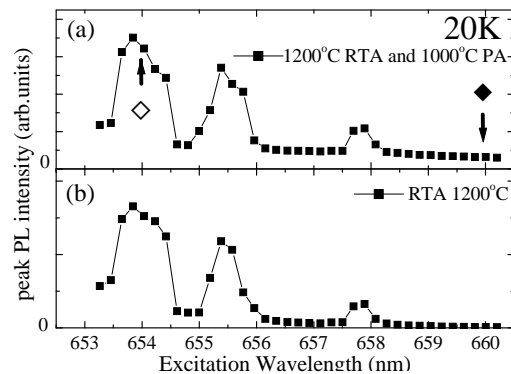


図2 Si を多く含む Er-Si-O 前駆体を用いてゾルゲル法により作製した Er_2SiO_5 の $1.54\ \mu\text{m}$ 発光励起スペクトル。Si ナノクラスターが作製されるアニールプロセスにより、キャリヤを介した発光 (上図) が得られる。

(4) Er_2SiO_5 光導波路の作製と評価 :

種々の光導波路構造を試作したが、Si 細線光導波路との結合が可能な図3に示す光導波

路を作製した。これは、屈折率 1.8 の Er_2SiO_5 をコア、 SiO_2 (屈折率 1.45) をクラッド層とし、光ガイドを効率的に行うために Er_2SiO_5 下部に 30nm 厚、4 μm 幅の Si ガイド層を埋め込んだ。1480nm, 30mW の光を Er_2SiO_5 光導波路層に導入し、良好な光導波特性を観測した。

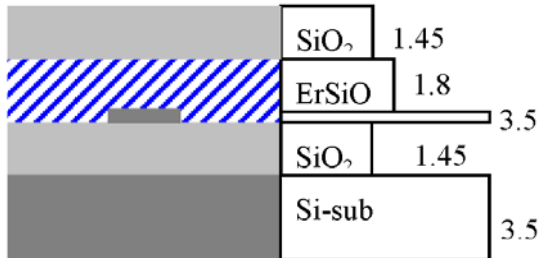


図3 Si ガイド層を設けた Er_2SiO_5 光導波路構造

(5) アップコンバージョン評価:

高濃度 Er (25at%) により懸念されるアップコンバージョンの評価を Er_2SiO_5 光導波路を用いて行った。高光子密度の 1.48 μm 入力光においてグリーン (図4)、その他のアップコンバージョンによる発光が観測されたが、アップコンバージョン係数は、Er がランダムに分布する Er ドープ半導体における報告から推定される値より非常に小さいことを明らかにした。

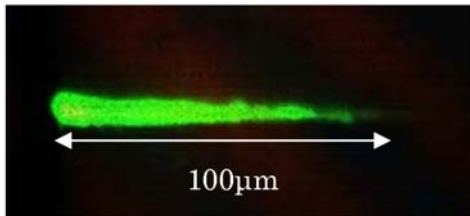


図4 1480nm 光入力に対して観測されたアップコンバージョンによるグリーン発光。

(6) $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ の作製, 発光測定, 光利得シミュレーション:

高濃度 Er ($2 \times 10^{22}/\text{cm}^3$) の発光特性, 光利得への影響を, 実験, 理論の両面から評価した。ゾルゲル法で $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ を作製し, 発光, 蛍光寿命を測定した。x が 2 から 0.5 程度までは Er の 1.53 μm の発光強度, 蛍光寿命はほぼ一定であるが, x=0.1 (Er 濃度 $\sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$) で発光強度が大きく増加し (数倍から数十倍), 同時に, 低温蛍光寿命が 20 μs (x=2) から数百 μs (x=0.1) とへ長くなった。高濃度 Er によるアップコンバージョンあるいはエネルギーマイグレーションが短い蛍光寿命に関係していることを示唆する

重要な結果である。光利得をシミュレーションにより評価し, ErYSiO_5 (x=1), 光導波路長 700 μm , 励起光 1480nm, 50mW で 10dB の利得が期待できることを明らかにした。

$\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ を用いた p-Si/ $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ /n-Si ダイオードの EL 発光, 光導波路共振器構造による誘導放出の観測を, 現在, 準備中である。

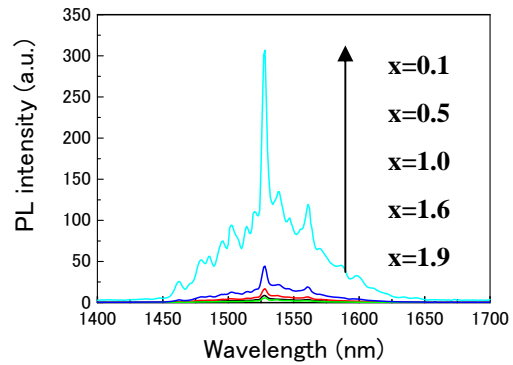


図5 $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ の室温 1.54 μm フォトルミネセンス発光強度の Er 濃度依存。x=0.1 (Er: $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$) で発光強度が最も大きい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- ① 木村忠正, 一色秀夫, 「シリコンを光らせるにはどうすればよいのか = さまざまな発光機構とそれぞれの特徴」, 光アライアンス誌, 20, pp. 1-7 (2009) 査読無
- ② H. Isshiki, M. Oe, T. Samejima, T. Ushiyama, and T. Kimura, "Phase separation growth of Er_2SiO_5 thin film in Si-rich ErSiO perform", Physica E, 41, pp. 1055-1058 (2009) 査読有
- ③ Tadamasa Kimura, Yasuhito Tanaka, Hiroshi Ueda, and Hideo Isshiki, "Formation of highly oriented layer-structured Er_2SiO_5 films by pulsed laser deposition", Physica E41, pp. 1063-1066 (2009) 査読有
- ④ H. ISSHIKI, T. KIMURA, "Toward Small Size Waveguide Amplifiers Based on Erbium Silicate for Silicon Photonics", IEICE Transaction on Electronics, E91, pp. 138-144 (2008) 査読有
- ⑤ H. Isshiki, T. Ushiyama, T. Kimura, "Demonstration of ErSiO superlattice crystal waveguide toward optical amplifiers and emitters", physica status solidi (a), 205, 52-55 (2008) 査

読有

- ⑥ 木村忠正、一色秀夫、「シリコン発光デバイス-現状と展望」、光学 37、第 1 号、pp. 14-20 (2008) (依頼解説論文) 査読有
 - ⑦ H. ISSHIKI, T. KIMURA, “Toward Small Size Waveguide Amplifiers Based on Erbium Silicate for Silicon Photonics”, IEICE Transaction on Electronics, vol. E91, No. 2, pp. 138-144 (2008) 査読有
 - ⑧ 一色秀夫、木村忠正、「シリコンをベースとする発光デバイス-現状と展望-」、レーザー学会誌「シリコンフォトニクス最前線」特集号、レーザー研究 35、No. 9、pp. 566-571、September 2007 (依頼解説論文) 査読有
 - ⑨ 木村忠正、「シリコンフォトニクスの現状と将来」、レーザー学会誌「シリコンフォトニクス最前線」特集号、レーザー研究 35、No. 9、pp. 548-549、September 2007 (依頼解説論文) 査読有
- [学会発表] (計 45 件)
- 1) 梶本欣生, 大江将己, 一色秀夫, 木村忠正, 「Si 過剰 ErSiO アモルファス母材中の Er₂SiO₅ 固相成長の促進」, 2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会 2009. 3. 30、筑波大学、つくば市
 - 2) T. Kimura, X. J. Wang, Y. Nakayama, T. Nakajima, and H. Isshiki, “Study on cooperative upconversion of Er_xY_{2-x}SiO₅ films fabricated by sol-gel”, 2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009. 3. 30 筑波大学、つくば市
 - 3) 福岡義孝, 橋元伸晃, 新田秀人, 勝又雅昭, 折井靖光, 木村忠正, 倉持悟, 新井芳光, 春日部進, 「機能複合回路実装技術調査専門委員会活動報告 (I・II・III)」, 電気学会全国大会シンポジウム セッション (S-15), 2009. 3. 19 北海道大学、札幌
 - 4) T. Kimura and H. Isshiki, “Fabrication and Evaluation of Self-organized Er₂SiO₅ Crystalline Films for the 1.5μm Emitters and Amplifiers in Silicon Photonics”, (invited), 2008 MRS Fall Meeting, MRS Symposium D: Rare-Earth Doping of Advanced Materials for Photonic Applications December 3, 2009 Boston, MA, USA
 - 5) Hideo Isshiki, Takayuki Nakajima and Tadamasu Kimura, “Influence of Upconversion on Er₂SiO₅ Waveguide Light Emitting Devices”, 2008 MRS Fall Meeting, MRS Symposium D: Rare-Earth Doping of Advanced Materials for Photonic Applications, December 3, 2009, Boston, MA, USA
 - 6) M. Oe, Y. Fujiwara, H. Isshiki, T. Kimura, “Increase in excitation efficiency of Er³⁺-related 1.53μm emission from Er₂SiO₅ crystallite embedded in SRSO”, 2008 MRS Fall Meeting, MRS Symposium D: Rare-Earth Doping of Advanced Materials for Photonic Applications December 3, 2009, Boston, MA, USA
 - 7) 一色秀夫, 「Er₂SiO₅ ナノ構造複合材料の創製とシリコンフォトニクス応用(招待講演)」、早稲田大学 ナノテクノロジーフォーラム、「マイクロ/ナノフォトニクス」部会 第 11 回研究会 2008 年 11 月 19 日、早稲田大学 (大久保キャンパス) 理工学部、新宿区
 - 8) X. J. Wang, H. Isshiki and T. Kimura, “Structural Characterization and Photoluminescence Comparison of Er₂SiO₅ and Er₂O₃ Prepared by Sol-Gel Method”, 2008 5th IEEE International Conference on Group IV Photonics (GFP) September 17-19, 2008 Hilton Sorrento Palace, Sorrento, Italy
 - 9) T. Kimura, X. J. Wang, T. Nakajima, M. Ohe, T. Ushiyama, and H. Isshiki, “Crystalline Structure and Luminescence Properties of Er Silicates Fabricated on Si and SiO₂/Si by the Sol-Gel Method”, 2008 5th IEEE International Conference on Group IV Photonics (GFP), September 17-19, 2008 Hilton Sorrento Palace, Sorrento, Italy
 - 10) X. J. Wang, H. Isshiki and T. Kimura, “Structural and photoluminescence comparison of Er₂SiO₅ and Er₂O₃ prepared by sol-gel method”, 2008 年秋季第 69 回応用物理学学会学術講演会 2008. 9. 4, 中部大学、名古屋
 - 11) 大江将己, 藤原優, 一色秀夫, 木村忠正, 「SRSO 中 Er₂SiO₅ 微結晶の 1.53μm 発光における励起効率の増大」, 2008 年秋季第 69 回応用物理学学会学術講演会 2008. 9. 4, 中部大学、名古屋
 - 12) 中島崇之, 大江将己, 一色秀夫, 木村忠正 「SiO₂ 基板上に作製した Er₂SiO₅ 結晶薄膜の評価」, 2008 年秋季第 69 回応用物理学学会学術講演会 2008. 9. 4, 中部大学、名古屋
 - 13) 一色秀夫, 中山裕介, 中島崇之, 木村忠正, 「Er₂SiO₅/SiO₂ 光導波路の発光および光学利得の検討」, 2008 年秋季第 69 回応用物理学学会学術講演会 2008. 9. 2, 中部大学、名古屋
 - 14) X. J. Wang, T. Nakajima, H. Isshiki, T. Kimura, “ErSiO Self-organized Superlattice Crystals as a 1.54μm Luminescent Material”, 3rd KUMTT-UEC

- Workshop, August 19, 2008, University of Electro-Communications, Tokyo
- 15) Tadamasa Kimura, Yasuhito Tanaka, Hiroshi Ueda, and Hideo Isshiki, "Formation of highly-oriented layer-structured Er_2SiO_5 films by pulsed laser deposition", E-MRS 2008 Spring Meeting, May 25-30, 2008, Strasbourg, France
 - 16) H. Isshiki, M. Ohe, T. Samejima, T. Ushiyama, and T. Kimura, "Phase separation growth of Er_2SiO_5 thin film in Si-rich ErSiO Preform", E-MRS 2008 Spring Meeting, May 25-30, 2008, Strasbourg, France
 - 17) T. Kimura, and H. Isshiki, "Excitation and luminescence properties of Er_2SiO_5 crystalline compounds controlled by the sol-gel fabrication process" (invited), SEDWAL Workshop 2008, 14 April 2008, Levico Terme, Trento, ITALY
 - 18) 大江将己, 鮫島健, 藤原優, 一色秀夫, 木村忠正, 「相分離による Er_2SiO_5 結晶の形成過程」2008 年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会(2008, 3. 30)、日大理工学部船橋キャンパス (船橋市)
 - 19) X. J. Wang, H. Isshiki and T. Kimura, "Erbium silicate formation by solid phase reaction of amorphous Er-O and SiO_2 ", 2008 年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会(2008, 3. 28)、日大理工学部船橋キャンパス (船橋市)
 - 20) 田中康仁, 植田啓, 一色秀夫, 木村忠正, 「レーザアブレーション法による高配向 Er_2SiO_5 結晶薄膜の作製」2008 年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会(2008, 3. 28)、日大理工学部船橋キャンパス (船橋市)
 - 21) 常安啓文, 一色秀夫, 木村忠正 「 ErYbSiO_5 結晶の作製と発光特性評価」2008 年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会(2008, 3. 28)、日大理工学部船橋キャンパス、(船橋市)
 - 22) 一色秀夫, 牛山智幸, 中島崇之, 王興軍, 木村忠正, 「 Er_2SiO_5 結晶の発光特性と光導波路増幅器への応用」新世代光通信へのイノベーション」, 第 3 回公開シンポジウム, ホテルフロラシオン青山 (東京) (2008. 1. 17-18)
 - 23) 一色秀夫, 木村忠正, 「 Er_2SiO_5 結晶の作製と導波路型発光デバイス応用」, 学振第 145 委員会(結晶加工と評価技術) 第 112 回研究会(2007, 11, 19)、弘済会館、東京
 - 24) 木村忠正, 一色秀夫 「Si ナノフォトンクス 一次世代 LSI における電子デバイスと光デバイスとの融合」日本女子大平成 19 年度先端光情報技術研究会(2007, 12, 15)
 - 25) 木村忠正, 「次世代技術ロードマップと信頼性課題 (概要)」, 2007 年第 17 回電子デバイスの信頼性シンポジウム 信頼性セミナー 次世代技術ロードマップ (ITRS) と信頼性課題 (概要) . 2007 年 11 月 2 日、大田区産業プラザ (依頼講演)
 - 26) 木村忠正, 一色秀夫, 「シリコンベース発光デバイスの最近の進歩と展望」, ポリマー光回路時限研究専門委員会第 10 回ポリマー光回路 (POC) 研究会、平成 19 年 10 月 26 日、慶應義塾大学日吉キャンパス 神奈川 (招待講演)
 - 27) 木村忠正, 「GFP2007 報告 光源材料・光源デバイス構造」, 第 7 回 シリコンフォトンクス研究会資料集 (Si2007) 2007 年 10 月 16 日 (GFP2007・SSDM2007 報告会) 東京大学 (依頼講演)
 - 28) 一色秀夫, 「GFP2007 会議報告 光電子・Si/III-V 族ハイブリット集積および革新的材料・プロセス」, シリコンフォトンクス研究会資料集 (Si2007) 2007 年 10 月 16 日 (GFP2007・SSDM2007 報告会) 東京大学 (依頼講演)
 - 29) H. Choi, K. Tateishi, Y. Nakayama, H. Isshiki and T. Kimura, "Growth Rate Limiting by $\text{Er}(\text{TMOD})_2$ Supply in MOMBE Growth of ErSiO Crystalline", 4th International Conference on Group IV, WP14, September 19-21, 2007, Radison Miyako Hotel, Tokyo, Japan
 - 30) M. Ohe, H. Isshiki and T. Kimura, "Investigation of Solid Phase Growth Conditions of ErSiO Crystalline Compound Prepared by Sol-Gel Method", 4th International Conference on Group IV, WP15, September 19-21, 2007, Radison Miyako Hotel, Tokyo, Japan
 - 31) 木村忠正, 一色秀夫, 「シリコンフォトンクスにおける発光源の開発」, 明治大学先端半導体ワークショップ (招待講演) (2007, 10, 6、明治大学) プロシーディングズ, pp. 1-8 (2007. 11. 1)
 - 32) 大江将己, 一色秀夫, 木村忠正, 「ゾルゲル法 ErSiO 結晶化合物の固相成長条件の研究」, 明治大学先端半導体ワークショップ (2007, 10, 6、明治大学) プロシーディングズ, pp. 39-41 (2007. 11. 1)
 - 33) 崔賢聖, 立石浩平, 中山裕介, 一色秀夫, 木村忠正, 「 ErSiO 結晶化合物の MOMBE 成長における $\text{Er}(\text{TMOD})_3$ 供給律速成長速度」, 明治大学先端半導体ワークショップ (2007, 10, 6、明治大学) プロシーディングズ, pp. 36-38 (2007. 11. 1)
 - 34) X. J. Wang, J. F. Tian, L. H. Bao, H. Isshiki,

- T. Kimura, "Preparation of high density SiC/SiO_x nanocables and their photoluminescence, field emission properties", Proceedings of Workshop on Advanced Semiconductor Technologies (Meji University, Tokyo, October 6, 2007), pp.30-35 (2007.11.1)
- 35) 木村忠正, 「シンポジウム: シリコンフォトニクス技術の最新動向、シリコンフォトニクスにおける発光デバイス」、2007年(平成19年)秋季第68回応用物理学会学術講演会、北海道工業大学(札幌市)、2007年9月6日、6p-C-4(招待講演)
- 36) 堀信也, 一色秀夫, 木村忠正: 「リング共振型マイクロ波プラズマ CVD による SiC 及び Si 酸化膜の作製」、第68回応用物理学会学術講演会講演予稿集、北海道工業大学、4a-ZA-6(2007.9.4)
- 37) 牛山智幸, 大江将己, 一色秀夫, 木村忠正: 「Er₂SiO₅ 結晶の相分離と薄膜形成」、第68回応用物理学会学術講演会講演予稿集、北海道工業大学、4p-ZK-7(2007.9.4)
- 38) 鮫島健, 一色秀夫, 木村忠正: 「Er₂SiO₅ 微結晶含有 SiO_x 薄膜の光学特性および電気特性評価」、第68回応用物理学会学術講演会講演予稿集、北海道工業大学、4p-ZK-8(2007.9.4)
- 39) 大園雄太, 一色秀夫, 木村忠正: ゼルゲル法により作製した RE 添加 ZnO 薄膜/Si 構造の電流-電圧特性評価、第68回応用物理学会学術講演会講演予稿集、北海道工業大学、4p-ZK-9(2007.9.4)
- 40) H. Isshiki, T. Ushiyama and T. Kimura, "Upconversion in ErSiO superlattice crystal waveguide", 26th Electronic Materials Symposium, Moriyama, D5(2007.7.5)
- 41) Y. Tanaka, T. Shimohata, H. Isshiki and T. Kimura, "Formation of ErSiO superlattice crystal thin film prepared by pulsed laser deposition", 26th Electronic Materials Symposium, Moriyama, D6(2007.7.5).
- 42) Y. Nakayama, H. S. Choi, H. Isshiki and T. Kimura, "Highly oriented ErSiO superlattice crystal growth on crystalline sol-gel buffer", 26th Electronic Materials Symposium, Moriyama, D7(2007.7.5)
- 43) Tadamas Kimura, Tomoyuki Ushiyama and Hideo Isshiki, "Evaluation of the 1.54μm emission characteristics of ErSiO superlattice crystals", E-MRS 2007 Spring Meeting, Strasbourg, France - May 28 to June 1, 2007
- 44) H. Isshiki, T. Ushiyama, K. Tateishi, T. Shimohata, T. Kawaguchi, Y. Tsuneyasu, H. S. Choi, M. Ohe, Y. Nakayama, Y. Tanaka and T. Kimura, "Investigation of low temperature growth of ErSiO superlattice crystals", E-MRS 2007 Spring Meeting, Strasbourg, France - May 28 to June 1, 2007
- 45) 木村忠正, 一色秀夫, 主題「Si ベース発行材料の新潮流: ErSiO 自己組織化超格子結晶の特性と 1.54μm 発光素子性能評価」、光電相互変換第125委員会第196回研究会、2007年5月10日 筑波大学(招待講演)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ:

<http://flex.ee.uec.ac.jp/~t-kimura/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木村 忠正 (KIMURA TADAMASA)
電気通信大学・電気通信学部・教授
研究者番号: 50017365

(2) 研究分担者

一色 秀夫 (ISSHIKI HIDEO)
電気通信大学・電気通信学部・准教授
研究者番号: 60260212

(3) 連携研究者